PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-310850
(43)Date of publication of application : 07.11.2000

(51)Int.Cl. G03F 1/08
H01L 21/027

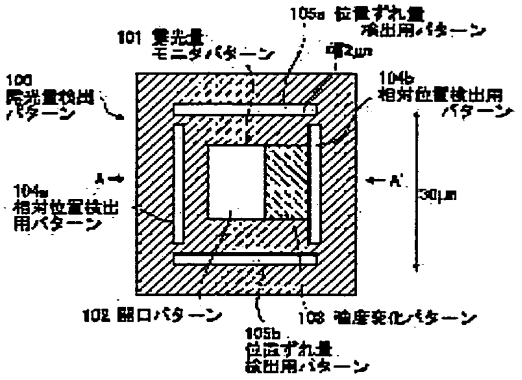
(21)Application number : 11-158955
(22)Date of filing : 07.06.1999

(71)Applicant : TOSHIBA CORP
(72)Inventor : FUJISAWA TADAHITO
INOUE SOICHI
NOMURA HIROSHI
MORI ICHIRO

(30)Priority
Priority number : 11042732 Priority date : 22.02.1999 Priority country : JP

(54) EXPOSURE MONITOR MASK, EXPOSURE REGULATION METHOD AND PRODUCTION OF SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:
PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to execute the regulation of exposure with high accuracy without excellent line width measurement.
SOLUTION: A pair of patterns 104 (104a and 104b) for relative position detection and an exposure monitor pattern 101 held by these patterns for relative position detection are arranged and formed in an x-axis (one direction) in a pattern 100 for exposure detection arranged at an exposure monitor mask. A pair of patterns 105 (105a and 105b) for y-axis direction mispositioning quantity detection are formed across the exposure monitor pattern 101 in the y-axis direction orthogonal with the x-axis direction. The exposure monitor pattern 101 is formed of an opening pattern 102 and an intensity change pattern 103 to monotonously change the irradiation intensity distribution of the exposure light to be transmitted in an x-axis direction and to connect to the pattern in the x-direction.



LEGAL STATUS
[Date of request for examination] 21.01.2004
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]

[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁（ＪＰ）　(12) 公開特許公報(Ａ)　(11)特許出願公開番号
特開2000－310850
（P2000－310850A）
(43)公開日　平成12年11月7日(2000.11.7)

(51)Int.Cl.⁷	識別記号	ＦＩ	テーマコード(参考)
Ｇ０３Ｆ　1/08		Ｇ０３Ｆ　1/08	Ｚ　２Ｈ０９５
Ｈ０１Ｌ　21/027		Ｈ０１Ｌ　21/30	５１６Ｄ　５Ｆ０４６

審査請求　未請求　請求項の数11　ＯＬ　（全 13 頁）

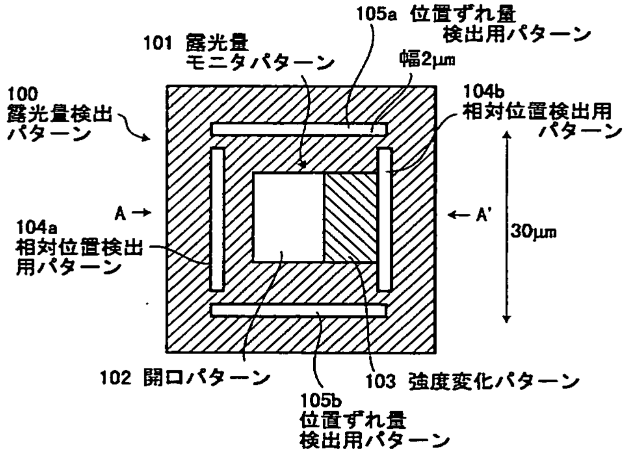
(21)出願番号　特願平11－158955
(22)出願日　平成11年6月7日(1999.6.7)
(31)優先権主張番号　特願平11－42732
(32)優先日　平成11年2月22日(1999.2.22)
(33)優先権主張国　日本（ＪＰ）

(71)出願人　000003078
株式会社東芝
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(72)発明者　藤澤　忠仁
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番地　株式会社東芝横浜事業所内
(72)発明者　井上　壮一
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番地　株式会社東芝横浜事業所内
(74)代理人　100083161
弁理士　外川　英明

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　露光量モニタマスク、露光量調整方法及び半導体装置の製造方法

(57)【要約】
【課題】　高精度に露光量の調整を行う。
【解決手段】　露光量モニタマスクに配置された露光量検出用パターン１００には、一対の相対位置検出用パターン１０４（１０４ａ，ｂ）と、この相対位置検出用パターンに挟まれた露光量モニタパターン１０１とがｘ軸方向（一方向）に配列形成されている。また、ｘ軸と直交するｙ軸方向に、露光量モニタパターン１０１を挟んで一対のｙ軸方向位置ずれ量検出用パターン１０５（１０５ａ，ｂ）が形成されている。露光量モニタパターン１０１は、開口パターン１０２と、このパターンに対してｘ軸方向に接続し、透過する露光光の照射強度分布がｘ軸方向に単調に変化する強度変化パターン１０３とから形成されている。



【特許請求の範囲】

【請求項１】一方向に配列形成された少なくとも３個のパターンを具備し、少なくと１個のパターンは透過した露光光の照射強度分布が前記一方向に対して単調に変化する強度変化パターンを一つ以上含むことを特徴とする露光量モニタマスク。

【請求項２】一方向に配列形成された一対の相対位置検出用パターンと、前記一対の相対位置検出用パターンに挟まれた領域に、透過した露光光の照射強度分布が前記一方向に対して単調に変化する強度変化パターンを含む露光量モニタパターンとを具備することを特徴とする露光量モニタマスク。

【請求項３】一方向に配列形成された一対の相対位置検出用パターンと、前記一対の相対位置検出用パターンに挟まれた領域に、前記一方向に対して配列形成され、透過した露光光の照射強度分布が前記一方向に対して単調に変化する２個の強度変化パターンを含む露光量モニタパターンとを具備することを特徴とする露光量モニタマスク。

【請求項４】露光波長λ、感光性基板側開口数ＮＡ、コヒーレントファクターσなる露光装置に前記モニタマスクをセットし露光を行う場合に、前記強度変化パターンは、露光光の透過部と遮光部との前記一方向の寸法比率が、

１／Ｐ≧（１＋σ）ＮＡ／λ

の条件を満たすピッチＰで、断続的、又は連続的に前記一方向に対して配列形成されていることを特徴とする請求項１乃至３のいずれかに記載の露光量モニタマスク。

【請求項５】前記一方向に対して直交する方向に前記露光量モニタパターンを挟み、前記一方向の直交する方向に対向する前記露光量モニタパターンのエッジの中点位置とほぼ同じ位置に中点を有する一対の位置ズレ量検出用パターンが配置形成されていることを特徴とする請求項１乃至３のいずれかに記載の露光量モニタマスク。

【請求項６】一方向に配列形成された少なくとも３個のパターンを具備し、少なくとも１個のパターンは透過した露光光の照射強度分布が前記一方向に対して単調に変化する強度変化パターンを一つ以上含む露光量モニタマスクを用いて、該基板上に形成されたレジストに対して露光を行い、該レジストに前記パターンを転写する工程と、

前記レジストを現像することによって、該レジストに前記パターンに対応するマークを形成する工程と、

二つのマークの中点位置Ｍの測定と、前記強度変化パターンを含むパターンに対応するマークの前記一方向に対して対向する二つのエッジ位置の中点位置Ｍ’の測定とを行う工程と、

測定された中点位置Ｍと中点位置Ｍ’との相対的な位置の差Δを演算する工程と、

演算された差Δに応じた露光量を調整する工程とを含むことを特徴とする露光量調整方法。

【請求項７】一方向に配列形成された一対の相対位置検出用パターンと、前記一対の相対位置検出用パターンに挟まれた領域に、透過した露光光の照射強度分布が前記一方向に対して単調に変化する強度変化パターンを含む露光量モニタパターンとを具備してなる露光量モニタマスクを用いて、該基板上に形成されたレジストに対して露光を行い，該レジストに前記パターンを転写する工程と、

前記レジストを現像することによって、該レジストに前記相対位置検出用マーク及び露光量モニタマークを形成する工程と、

前記相対位置検出用マークの中点位置Ｍの測定と、前記露光量モニタマークの前記一方向に対して対向する二つのエッジ位置の中点位置Ｍ’の測定とを行う工程と、

前記中点位置Ｍと中点位置Ｍ’との差Δを演算する工程と、

演算された差Δに応じた露光量を調整する工程とを含むことを特徴とする露光量調整方法。

【請求項８】一方向に配列された一対の相対位置検出用パターンと、前記一対の相対位置検出用パターンに挟まれた領域に、透過した露光光の照射強度分布が前記一方向に対して単調に変化し、前記一方向に対して配列形成された２個の強度変化パターンを含む露光量モニタパターンとを具備してなる露光量モニタマスクを用いて、該基板上に形成されたレジストに対して露光を行う工程と、

前記レジストを現像することによって、該レジストに前記相対位置検出用マーク及び露光量モニタマークに対応する相対位置検出用マーク及び露光量モニタマークを形成する工程と、

前記相対位置検出用マークの中点位置Ｍの測定と、前記露光量モニタマークであって、前記強度変化パターンに対応して形成され、前記露光光の強度に応じて位置が変化する前記一方向に対向する二つのエッジ位置の中点位置Ｍ’の測定を行う工程と、

前記中点位置Ｍと中点位置Ｍ’との差Δを演算する工程と、

演算された差Δに応じた露光量を調整する工程とを含むことを特徴とする露光量調整方法。

【請求項９】請求項１乃至５記載の露光量モニタマスクのいずれかを用いて、レジストが形成されたダミーウエハ全面に同一露光条件で露光を行い、該レジストに前記露光量モニタマスクのパターンを転写する工程と、

該レジストを現像することによって、該レジストに前記露光量モニタマスクのパターンに対応するマークを形成する工程と、

前記各ショット毎の前記マークの相対的な位置の差を測定する測定工程と、前記測定結果から各ショット毎の適正露光量値の変動量を算出する演算工程と、

しかる後、新たなウエハ全面にデバイスパターンを転写する際、前記各ショット毎に適正露光量値の変動分を加味し、露光する露光工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項１０】前記計測結果から適正露光量値の変動量を算出する演算工程は、前記露光量モニタマスクにおいて露光量を変化させて露光を行い、適正露光量値から露光量が変動した際に生じる前記マークの位置ずれ量の関係を予め求めておき、該関係から算出してなることを特徴とする請求項９記載の半導体装置の製造方法。

【請求項11】前記測定結果から各ショット毎の適正露光量値の変動量を算出する演算工程後、ウエハ面内の適正露光量の変動分布を算出する工程を有し、前記新たなウエハ全面にデバイスパターンを転写する露光工程は、前記適正露光量の変動分布に従って、ウエハ面内の各ショット毎に設定露光量に補正をかけて露光することを特徴とする請求項９記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体のリソグラフィー技術に係わり、露光マージンを最大に得るための露光量設定値を高速、かつ高精度にモニタする露光量モニタマスク、これを用いた露光量調整方法及び半導体装置の製造方法に関する。

【０００２】

【従来の技術】半導体集積回路の製造におけるフォトリソグラフィー工程では、パターン露光を行うための装置が使用されており、露光装置と称されている。また、露光装置の一種として縮小投影露光装置（ステッパー）がある。このステッパーでは、光源からの光が露光パターンの描画されたマスクを透過し、光学系で縮小された後、感光性基板、例えば半導体ウエハ（以下ウエハと称す）へ投影される。マスク上の描画パターンをウエハ上に転写するパターン形成おいては、転写できるパターンの微細化が要求されている。光学結像理論からは、投影光学系の開口数をＮＡ、露光波長をλとしたとき、解像力（線幅）Ｒ、焦点深度ＤＯＦはよく知られた以下の式で与えられる。

$$R = k_1 \lambda / NA \quad (1)$$

$$DOF = k_2 \lambda / NA^2 \quad (2)$$

k_1、 k_2 はプロセス係数である。この２つの式はレイリーの式と言われるもので、投影露光装置の結像性能を評価する尺度として活用されてきた。パターンの微細化の要求から、露光波長の短波長化、及び投影レンズの高ＮＡ化がなされており、それと同時にプロセスの改善が同時に行われてきた。しかしながら、近年のデバイスパターンの微細化要求はさらに厳しく、露光量裕度と焦点深度の露光マージンを十分に得ることが難しく、歩留まりの減少を引き起こしていた。このため、少ない露光マージンを有効に使用し、歩留まりの低下を防ぐために、より高精度の露光量管理、及びフォーカス管理が求められている。

【０００３】少ないプロセスマージンで光リソグラフィを行うためには、プロセスマージンを消費する誤差の精密な分析と誤差配分（エラーバジェット）が重要視されてきている。例えば、ウエハ上に多数のチップを同じ設定露光量で露光したつもりでも、ＰＥＢ、現像のウエハ面内不均一性、レジストのウエハ面内膜厚変動などが原因となって、実行的な適正露光量がばらつき、そのために歩留まりの低下を引き起こしていた。露光量の管理方法については、通常は、パターンの線幅の測定により判断されている。しかしながら、パターンの線幅の変動要因は露光量だけでなくフォーカスによっても変化する。パターンがより微細になるほど、フォーカスエラーによるパターンの線幅に与える影響が無視できなくなるため、適正露光量値の変動による影響か、フォーカス値の変動による影響か判断が難しく、精度のよい露光量管理が困難であった。この問題を解決するため、SPIE Vol. 1261 Integrated Circuit Metrology, Inspection, and Process Control 4 (1990) p.315 において、フォーカスエラーによる線幅の影響が付加されない露光量モニタについて提案がなされている。この提案の特徴は、使用する投影露光装置において解像しないピッチのパターンを用いて、パターンの透過部と遮光部の寸法比（デューティー比）を連続的に変えたパターンを配置することで、ウエハ上でフォーカスの状態に依存しない照射量の傾斜分布を持ったパターンを形成する点である。

【０００４】図１８には、線幅測長を利用したモニタパターンの一例を示した。Ｐは使用する露光条件において解像しないピッチである。１４０１は遮光部、１４０２は透過部をそれぞれ示している。モニタパターンは、パターンの中央から横方向に広がるにつれて、ピッチは固定で透過部の寸法が増加するようにしている。図１９には図１８に示したモニタパターンを転写した際に得られるウエハ面上でのＡ－Ａ’断面における像強度分布を示した。ウエハ面上には、モニタパターンで回折された０次回折光のみが照射されるため、像強度分布は透過部の面積の2乗に比例した分布となる。このマスクを、あらかじめ露光量を変化させ、レジスト上に転写し、線幅測長装置により線幅を測定して露光量と線幅とを校正しておくことにより、線幅測長装置を用いて高精度に露光量をモニタするが可能としている。しかしながら、線幅測長により得られた線幅値は相対的な比較においては信頼性はあるものの、その絶対値としての信頼性が欠けているため、線幅値そのものを変換の尺度に用いて露光量を決定することは、得られた露光量値の信頼性において問題であった。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、線幅

測長により得られた線幅値は相対的な比較においては信頼性はあるものの、その絶対値としての信頼性が欠けているため、線幅値そのものを変換の尺度に用いて露光量を決定することは、得られた露光量値の信頼性において問題であった。本発明の目的は、線幅測長は行わずに、高精度に露光量を調整することが可能な露光量モニタマーク、露光量調整方法及び半導体装置の製造方法を提供することにある。

【０００６】

【課題を解決するための手段】［構成］本発明は、上記目的を達成するために以下のように構成されている。

（１）本発明（請求項１）の露光量モニタマスクは、一方向に配列形成された少なくとも３個のパターンを具備し、少なくとも１個のパターンは透過した露光光の照射強度分布が前記一方向に対して単調に変化する強度変化パターンを一つ以上含むことを特徴とする。

（２）本発明は（請求項２）の露光量モニタマスクは、一方向（ｘ軸方向）に配列形成された一対の相対位置検出用パターンと、前記一対の相対位置検出用パターンに挟まれた領域に、透過した露光光の照射強度分布が前記一方向に対して単調に変化する強度変化パターンを含む露光量モニタパターンとを具備することを特徴とする。

（３）本発明（請求項３）の露光量モニタマスクは、一方向（ｘ軸方向）に配列形成された一対の相対位置検出用パターンと、前記一対の相対位置検出用パターンに挟まれた領域に、前記一方向に対して配列形成され、透過した露光光の照射強度分布が前記一方向に対して単調に変化する２個の強度変化パターンを含む露光量モニタパターンとを具備することを特徴とする。

【０００７】本発明の好ましい実施形態を以下に示す。前記強度変化パターンは、露光波長をλ、感光性基板側開口数をＮＡ、コヒーレントファクターをσとする露光装置を用いて露光を行う場合に、露光光の透過部と遮光部との前記一方向の寸法比率が、

$1/P \geq (1+\sigma) NA/\lambda$

の条件を満たすピッチＰ（感光性基板上の寸法）で、断続的、又は連続的に前記一方向に対して配列形成されている。前記一対の位置ずれ量検出パターンは、前記露光量モニタパターンを挟み、且つ前記一方向に対して直交する方向（ｙ軸方向）に配置され、しかもその中点位置が前記一方向ｙ軸方向の前記露光量モニタパターンのエッジの中点位置とほぼ同じ位置になるように配置形成されている。また、露光を行った際、前記露光量モニタパターンのエッジの中点位置と一対の位置ずれ量検出パターンを結ぶ線分の中点位置との相対位置のずれ量が±０，１μ以内になるように配置されている。

（４）本発明（請求項６）の露光量調整方法は、一方向（ｘ軸方向）に配列形成された少なくとも３個のパターンを具備し、少なくとも１個のパターンは透過した露光光の照射強度分布が前記一方向に対して単調に変化する強度変化パターンを一つ以上含む露光量モニタマスクを用いて、該ウエハ上に形成されたレジストに対して露光を行い、該レジストに前記パターンを転写する工程と、前記レジストを現像することによって、該レジストに前記パターンに対応するマークを形成する工程と、二つのマークの中点位置Ｍの測定と、前記強度変化パターンを含むパターンに対応するマークの前記一方向に対して対向する二つのエッジ位置の中点位置Ｍ’の測定とを行う工程と、測定された中点位置Ｍと中点位置Ｍ’との相対的な位置の差Δを演算する工程と、演算された差Δに応じた露光量を調整する工程とを含むことを特徴とする。

【０００８】（５）本発明（請求項７）の露光量調整方法は、一方向（ｘ軸方向）に配列形成された一対の相対位置検出用パターンと、前記一対の相対位置検出用パターンに挟まれた領域に、透過した露光光の照射強度分布が前記一方向に対して単調に変化する強度変化パターンを含む露光量モニタパターンとを具備してなる露光量モニタマスクを用いて、該基板上に形成されたレジストに対して露光を行い，該レジストに前記パターンを転写する工程と、前記レジストを現像することによって、該レジストに前記相対位置検出用マーク及び露光量モニタマークを形成する工程と、前記相対位置検出用マークの中点位置Ｍの測定と、前記露光量モニタマークの前記一方向に対して対向する二つのエッジ位置の中点位置Ｍ’の測定とを行う工程と、前記中点位置Ｍと中点位置Ｍ’との差Δを演算する工程と、演算された差Δに応じた露光量を調整する工程とを含むことを特徴とする。

（６）本発明（請求項８）の露光量調整方法は、一方向（ｘ軸方向）に配列された一対の相対位置検出用パターンと、前記一対の相対位置検出用パターンに挟まれた領域に、透過した露光光の照射強度分布が前記一方向に対して単調に変化し、前記一方向に対して配列形成された２個の強度変化パターンを含む露光量モニタパターンとを具備してなる露光量モニタマスクを用いて、該基板上に形成されたレジストに対して露光を行う工程と、前記レジストを現像することによって、該レジストに前記相対位置検出用マーク及び露光量モニタマークに対応する相対位置検出用マーク及び露光量モニタマークを形成する工程と、前記相対位置検出用マークの中点位置Ｍの測定と、前記露光量モニタマークであって、前記強度変化パターンに対応して形成され、前記露光光の強度に応じて位置が変化する前記一方向に対向する二つのエッジ位置の中点位置Ｍ’の測定を行う工程と、前記中点位置Ｍと中点位置Ｍ’との差Δを演算する工程と、演算された差Δに応じた露光量を調整する工程とを含むことを特徴とする。

【０００９】（７）本発明（請求項９）の半導体装置の製造方法は、上記（１）乃至（３）に記載の露光量モニタマスクのいずれかを用いて、レジストが形成されたダミーウエハ全面に同一露光条件で露光を行い、該レジス

トに前記露光量モニタマスクのパターンを転写する工程と、該レジストを現像することによって、該レジストに前記露光量モニタマスクのパターンに対応するマークを形成する工程と、前記各ショット毎の前記マークの相対的な位置の差を測定する測定工程と、前記測定結果から各ショット毎の適正露光量値の変動量を算出する演算工程と、しかる後、新たなウエハ全面にデバイスパターンを転写する際、前記各ショット毎に適正露光量値の変動分を加味し、露光する露光工程とを含むことを特徴とする。本発明の好ましい実施形態を以下に示す。前記計測結果から適正露光量値の変動量を算出する演算工程は、前記露光量モニタマスクにおいて露光量を変化させて露光を行い、適正露光量値から露光量が変動した際に生じる前記マークの位置ずれ量の関係を予め求めておき、該関係から算出してなることを特徴とする。前記測定結果から各ショット毎の適正露光量値の変動量を算出する演算工程後、ウエハ面内の適正露光量の変動分布を算出する工程を有し、前記新たなウエハ全面にデバイスパターンを転写する露光工程は、前記適正露光量の変動分布に従って、ウエハ面内の各ショット毎に設定露光量に補正をかけて露光することを特徴とする。

【００１０】［作用］本発明は、上記構成によって以下の作用･効果を有する。露光量の変化に応じて強度変化パターンに対応するレジストのエッジが変化するので，露光量の変化が対パターンの中点Mと検出パターンのエッジの中点M’との相対的な位置ずれ量として検出することができるので、合わせずれ検査装置により，高速、且つ高精度に適正値の変動をモニタすることができる。フォーカス位置のずれによって見かけ上、適正露光量値が変化しているように見られていた現象をフォーカス位置のずれによる影響を分離することができ、さらに高精度に適正露光量の変動をモニタすることが可能となる。また、この露光量モニタマスクを用いて、適正露光量値からの変動量を求め、その変動量を露光装置の設定露光量値に加味することによって、高精度に露光装置の露光量を調整することが可能となる。更に、半導体装置の製造方法において、予め露光量モニタマスクを用いて、露光，現像し、適正露光量値の変動量を求めたの後、それ以降のウエハに対する露光の際、設定露光量にその変動量を加味して、露光することにより、常に最大の露光マージンが得られる状態での露光が維持され、歩留まりの低下を抑えることができる。

【００１１】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を以下に図面を参照して説明する。

［第1実施形態］本発明の第１の実施形態として、合わせずれ検査装置の機能をそのまま適用できる、簡便な高速かつ高精度に露光量の制御を可能にする露光量モニタマスク及びこの露光量モニタマスクを用いた露光量調整方法を示す。発明者は、上記従来技術で示したモニタパターンによる線幅測定値の絶対値自体に信頼性がないという問題点を、相対的なパターン間の位置ずれ量であれば、検出感度も十分で、値自体の信頼性も高いことに着目し、露光量の変動量をモニタすることを考案した。具体的には、従来の合わせずれ検査装置を用いて、合わせずれ検査に用いているマークの一部を、露光量の変動量をパターンの位置ずれとして検出できるようなモニタパターンに変更した（以下、露光量変動をモニタするために変更したマークを露光量検出マークと呼ぶ）。図１は、本発明の第１実施形態に係わる露光量モニタマスクに使用した露光量検出パターンの概略構成を示す平面図である。図１に示す露光量検出パターン１００には、一対の相対位置検出用パターン１０４（１０４ａ，ｂ）と、これらの相対位置検出用パターンに挟まれた露光量モニタパターン１０１とがｘ軸方向（一方向）に配列形成されている。また、ｘ軸に対して直交するｙ軸方向に、前記露光量モニタパターン１０１を挟むように、ｙ軸方向の位置ずれを検出するための一対のＹ軸方向位置ずれ量検出用パターン１０５（１０５ａ，ｂ）が形成されている。

【００１２】露光量モニタパターン１０１は、開口パターン１０２と、このパターンに対してｘ軸方向に接続し、透過する露光光の照射強度分布がｘ軸方向に単調に変化する強度変化パターン１０３とから形成されている。また、露光量モニタマスクには、露光量検出パターン１００の他、図２のような、相対位置ズレ量を０に設計した校正用パターンが配置されている。図２は、本発明の第１実施形態に係わる露光量モニタマスクに使用した校正用パターンの構成を示す平面図である。図２に示すように、校正用パターン２００には、２組の相対位置検出用パターン２０４（２０４ａ，ｂ），２０５（２０５ａ，ｂ）と、これらの相対位置検出用パターンに挟まれた開口部２０１とが配列形成されている。図３には、露光量検出パターンに配置された強度変化パターン１０３の概略構成を示す。本発明者は、使用する露光波長をλ、ウエハ側開口数をＮＡ、コヒーレントファクターをσとした場合、フォーカスの状態によって影響されないモニタパターンのピッチＰ（ウエハ上寸法）は、強度変化のパターンが０次回折像のみにより、結像がなされる条件として、

$$1/P \geqq (1+\sigma)NA/\lambda \qquad (3)$$

を満足すればよいことに着目し、強度変化パターンには、使用する露光装置（露光波長２４８ｎｍ、ＮＡ＝０．６、σ＝０．７５）に合わせて、ピッチＰ（ウエハ上）を上記(3)式より、解像限界以下の０．２２μｍとし、透過部と遮光部のデューティー比を透過部が　６．２５ｎｍづつ増加したパターンをならべて配置することにより、ウエハ（感光性基板）面上でフォーカスに依存しない０から１までの連続的な像強度分布を実現した。

【００１３】また、一対のｙ軸方向位置ずれ量検出用パ

ターン１０５の中点位置と、ｙ軸方向の開口パターン１０２のエッジの中点位置とが重なるように設計されており、ｙ軸方向の位置ずれ量を測定するすることができる。なお、露光を行った際、露光量モニタパターンのエッジの中点位置との相対位置のズレ量が±０．１μｍ以内になるように配置すると高精度に位置合わせを行うことができる。次に、このマスクを用いた露光量の決定方法について、図４のフローチャートを参照しつつ説明する。先ず、露光量検出パターン１００を配置した露光量モニタマスクを用いてウエハ上に塗布されたレジストの露光を行い､マスクに形成されたパターンをレジストに転写する(ステップＳ１)。図５に、露光量検出パターン１００のＡ－Ａ’部に対するレジスト上での光強度分布を示す。通常、露光量はマージンが最も小さい最小ルールのパターンに対して合わされる。例えば、０．１５μｍルールのパターンをＫｒＦ露光で転写する場合、適正露光量に対応する光強度（エッジ光強度４００）としては、０．２～０．３程度である。図５において、１０４ａ、１０２、１０３、１０４ｂは、マスクに形成されたパターンに対応する位置を示している。また、図５において、４０２は開口パターン１０２を透過した露光光と適正露光量４００との交点を示し、４０３は強度変化パターン１０３を透過した露光光と適正露光量４００との交点を示している。

【００１４】露光を行った後、現像を行い、露光量検出パターンに形成されたそれぞれのパターンに対応するパターンをレジストに形成する（ステップＳ２）。図６には、図１に示した露光量検出パターンのＡ－Ａ’部に対応するレジストパターンの断面形状を示す。なお、図６において、５０１は露光量検出パターンに対応して形成された露光量モニタマーク、５０２、５０３は開口パターン１０２及び強度変化パターン１０３に対して形成されたエッジ形成位置、５０４ａ、５０４ｂは相対位置検出用パターン１０４に対応して形成された相対位置検出用マークである。適正露光量値が変動した場合、図５のエッジ光強度４００の変動として現れ、強度変化パターン１０３によるエッジ形成位置４０３が変動するため、それに対応する露光量モニタマークのエッジ５０３位置がシフトする。その結果、適正露光量値の変動は、合わせずれ検査装置により、ｘ軸方向の露光量モニタマーク５０１の中点位置Ｍ’相対位置検出用マーク５０４ａ，ｂの中点位置Ｍの相対位置ずれ量として検出できる。つまり、二つの相対位置検出用マーク５０４ａ，ｂの中点位置Ｍと、ｘ軸方向に対向する露光量モニタマーク５０１の二つのエッジの中点位置Ｍ’とをそれぞれ測定する（ステップＳ３）。そして、二つの中点位置の差である相対位置ずれ量Δを求める（ステップＳ４）。

【００１５】そして、本露光量モニタマスクを用いて露光量調整を行うためには、予め求めておいた露光量の変動に対する相対位置ずれ量Δの校正曲線によって、適正露光量からの露光量の変動分を求め、露光量の調整を行う（ステップＳ５）。図７には、図１の露光量検出パターン１００を用いた場合に得られた校正曲線を示す。この校正曲線（ｙ＝０．００９８ｘ－０．０００３、ｙ：相対位置ずれ量Δ、ｘ：適正露光量変動）より、相対位置ずれ量Δから露光量の変動がわかるので、露光量の調整を行うことができる。図７に示した校正曲線より、適正露光量変動の精度Ｓｄと相対位置ずれ検出精度Ｓｐには、以下の関係が得られる。

Ｓｄ［%］＝１０２×Ｓｐ［μｍ］　　　（４）

今回使用した合わせずれ検出装置の精度は５ｎｍ（０．００５μｍ）であり、上記（４）式より、０．５％程度の露光量検出感度を持ち、上記精度で適正露光量値の変動をモニタすることが可能な露光量モニタマスクが得られた。さらに、強度変化パターンは上記図３の場合だけに限らず、使用する露光装置の光学条件において解像しないピッチのパターンで光の透過部と遮光部の割合を断続的、または連続的に変化させたパターンを並べて構成され、ウエハ面上で照射量が連続的に変化する分布が形成されるパターンであればよい。例えば、図８には、図３以外の例として、解像しないパターンサイズの寸法で透過部と遮光部のデューティー比を連続的に変化させて形成した強度変化パターンを示す。図８に示した強度変化パターンを用いた場合でも、上記図３と同様の効果が得られる。

【００１６】なお、露光量検出パターンは、上記図１の他にも合わせずれ検出装置で検出可能なマークのパターンであればよく，そのマークの一部を上記強度変化パターンと同様にするだけで、上記と同様の効果を得ることが可能である。

［第２実施形態］本発明の第２の実施形態では、さらに露光量を高精度に制御できる露光量モニタマスクを示す。本発明者は、上記第１実施形態よりも，さらに検出感度を上げる為，第１実施形態において示した強度変化パターン１０３と対をなすエッジ部にも、同様な強度変化パターンを配置した。図９は、本発明の第２実施形態に係わる露光量モニタマスクに使用した露光量検出パターンの構成を示す平面図である。なお、図９において、図１と同一な部分には同一符号を付し、その詳細な説明を省略する。また、露光量モニタマスクには、第１実施形態と同様に、図２に示す校正用パターンが形成されている。図９に示すように、露光量検出パターン８００の露光量モニタパターン８０１には、ｘ軸方向に強度変化パターン８０３、開口パターン１０２及び強度変化パターン８０４が順次配列形成されている。また、図１０には、露光量モニタパターン８０１の概略図を示す。強度変化パターン８０３、８０４の双方とも使用する露光装置（露光波長２４８ｎｍ、ＮＡ＝０．６、σ＝０．７５）に合わせて、ピッチＰ（ウエハ上寸法）を解像限界以下の０．２２μｍとし、透過部と遮光部のデューティ

一比を透過部が６．２５ｎｍづつ増加したパターンを並べて配置することにより、ウエハ面上でフォーカスに依存しない０から１までの連続的な像強度分布を実現している。

【００１７】図１１には、露光量検出パターン８００のＡ－Ａ’部に対応する部位の像強度分布を示す。通常、露光マージンが最も小さい最小ルールのパターンに対して合わされる。例えば、０．１５μmルールのパターンをＫｒＦ露光で転写する場合、適正露光量に対応する光強度（エッジ光強度１００１）としては、０．２～０．３程度である。図１２には、露光量検出パターン８００のＡ－Ａ’部に対応するレジストパターンの断面図を示す。なお、図１２において、１１０１は露光量モニタパターンに対応して形成された露光量モニタマーク、１１０２、１１０３及び１１０４は強度変化パターン８０３、開口パターン１０２及び強度変化パターン８０４に対応して形成されたレジストパターンエッジ、５０４ａ，５０４ｂは相対位置検出用パターン１０４に対応して形成された相対位置検出用マークである。レジストパターンエッジ１１０３、１１０４は、露光光の強度に応じて形成位置が変化する。ここで、通常の合わせずれ検出装置の場合には、レジストパターンエッジ１１０３に対して、検出信号を左右反転したエッジ位置を検出するため、本来の目的とは異なるレジストパターンエッジ１１０２を検出してしまい、強度変化パターン８０３と強度変化パターン８０４の双方の寄与が得られないという問題が生じる場合がある。そこで、発明者は、合わせずれ検出装置のパターンエッジ検出機能において、新たに同一、または、相似した検出信号同志を検出し、位置ずれ量をモニタする機能を付加した。

【００１８】その結果、露光量変動を２つの強度変化パターンによるレジストパターンエッジ１１０３とレジストパターンエッジ１１０４のシフトとして検出できるようになり、第１実施形態に比べ、検出感度の向上がなされた。図１３には、図９の露光量検出パターン８００を用いた場合に得られた露光量の変動に対する相対位置ずれ量(校正曲線)を示した。図１３に示した校正曲線より、適正露光量変動の精度Ｓｄと相対位置ずれ精度Ｓｐには以下の関係が得られた。

Ｓｄ［％］＝５１×Ｓｐ［μｍ］　　　　（５）

今回使用した合わせずれ検出装置の精度は５ｎｍ（０．００５μｍ）であることから、上記（５）式より、０．２５％程度の露光量検出精度を持ち、上記精度で適正露光量の変動をモニタすることが可能な露光量モニタマスクが得られた。なお、強度変化パターンとしては，上記図１０の場合だけに限らず、図８に示した強度変化パターンを用いることができる。なお、強度変化マークは、上記図９の他にも合わせずれ検査装置で検査可能なマークのパターンであればよく、そのマークの一部を上記強度変化パターンに変更するだけで、上記と同様な効果を得ることが可能である。

【００１９】さらに、図１４に示すように、露光量モニターパターン８０１の外側の相対位置検出用パターン１３０４ａ、ｂに対しても、適正露光量値の変動に対して、内側に配置した強度変化パターンと反対側にずれが生じるように強度変化パターンを配置すれば、さらに倍の感度の露光量検出が可能となる。なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、上記実施形態では、ｘ軸方向のパターン位置ずれで露光量をモニタしているが、強度変化パターンを配置変更することにより、ｙ軸方向の位置ずれとして検出しても良く、更に高感度化するために、ｘ軸とｙ軸の双方に強度変化パターンを配置すれば、更に効果的である。また、強度変化パターンの形状やピッチについても、上記の例に限られるものではなく、使用する露光装置の光学条件におて解像しないピッチのパターンを相対位置検出用パターンの部分に強度変化パターンとして付加しても､同様の効果を得ることが可能である。また、上記実施形態では、透過部と遮光部のデューティー比を透過部が６．２５ｎｍづつ増加したパターンを並べて配置したが、さらに露光量モニタ感度を上げるためには、強度変化パターン中の適正露光量値付近（エッジ光強度付近）に相当する部分の透過部と遮光部のデューティー比を緩やかに変化させて配置し、強度変化パターンから得られる像強度分布を緩やかに形成することによって、露光量変動に対するレジストパターンエッジの変動を大きくすることが効果的である。

【００２０】［第３実施形態］本発明の第３の実施形態に係わる半導体装置の製造方法について説明する。この第３の実施形態は、上記第１の実施形態で示した露光量モニタマスクを用いて、予め露光量の変動量をモニタし、本来のデバイスパターンを露光する際に、露光量設定値にフィードバックし、適正露光量値の変動分を加味し、露光するようにしたものである。ここでは、露光量モニタマスクとして、図１に示す露光量検出パターン１００及び図２に示す相対位置ずれ量を０に設計した校正用パターン２００が配置されたものを用いる。先ず最初に、図１５に示すように、レジストが形成された複数枚のウエハのうち、先行の１枚のウエハ（ダミーウエハと称す）全面に、同一露光条件で前記露光量モニタマスクのパターンを露光し、このマスクに形成されたパターンをレジストに転写する。このとき、露光量検出パターン１００のＡ－Ａ’部に対するレジスト上での光強度分布は、図５に示すようになり、図中、１０４ａ、１０２、１０３、１０４ｂは、マスクに形成されたパターンに対応する位置を示し、また、４０２は開口パターン１０２を透過した露光光と適正露光量４００との交点を示し、４０３は強度変化ﾊﾟﾀｰﾝ１０３を透過した露光光と適正露光量４００との交点をそれぞれ示している。

【００２１】露光を行った後、現像を行い、図６に示す

ように、露光量検出パターンに形成されたそれぞれのパターンに対応するパターンをレジストに形成する（スッテプＳ２）。図６中、５０１は露光量モニタパターンに対応して形成された露光量モニターマーク、５０２、５０３は開口パターン１０２及び強度変化パターン１０３に対して形成されたエッジ形成位置、５０４ａ、５０４ｂは相対位置検出用パターン１０４に対応して形成された相対位置検出用マークである。次に、各ショットにおける二つの相対位置検出用マーク５０４ａ，ｂの中点位置Ｍと、ｘ軸方向に対向する露光量モニタマーク５０１の二つのエッジの中点位置Ｍ’とをそれぞれ測定する（ステップＳ３）。そして、各ショットにおける二つの中点位置の差、即ち相対位置ずれ量Δを求める（ステップＳ４）。そして、予め求めておいた図７の露光量の変動に対する相対位置ずれ量Δの校正曲線から、各ショットにおける適正露光量値の変動量を求める（ステップＳ５）。図１６は、露光量検出マークの位置ずれ量の測定結果から図７の校正曲線により求めたウエハ面内の適正露光量値の変動量分布を示した。棒グラフの一つづつが各ショットに対応している。

【００２２】次に、２枚目以降のレジストが形成されたウエハに対して、順次、該ウエハ全面に、本番のマスク上のデバイスパターンを露光する。この露光においては、図１６に示したウエハ面内の適正露光量値の変動量分布に従い、各ショットごとに適正露光量値の変動量分の補正をかけて露光する（ステップＳ６）。この工程により、ウエハ面内の全ショットとも本来の最適露光量による露光がなされる。その結果、ウエハ面内のレジスト、及び、反射防止膜の膜厚むらやベーカーの温度むら等による要因で発生する適正露光量値の変動を露光量検出マークの合わせ位置ずれ値によりモニタし、補正することができ、常に最大の露光マージンが得られる状態での露光が維持され、歩留まりの低下を抑えることができた。尚、本実施例においては、露光装置と独立した合わせ位置ずれ検査装置を用いて露光量検出マークを測定したが、露光装置自体に内蔵された合わせ位置ずれ検査機能を用いることも可能である。露光量検出マークは、上記図１の他にも合わせずれ検査装置で検出可能なマークのパターンであればよく、そのマークの一部を上記モニタパターンに変更するだけで、上記と同様の効果を得ることが可能である。検出感度を向上するために、図９及び図１０、或いは図１４にそれぞれ示すような露光量検出マークを用いても同様の効果が得られる。

【００２３】［第４実施形態］本発明の第４の実施形態に係わる半導体装置の製造方法について説明する。この第４の実施形態は、上記第１の実施形態で示した図１の露光量モニタパターンをデバイスパターンの配置された領域以外に配置してなるマスクを用いて、最初のロッドのウエハに適正露光量設定値で前記マスクのパターンを露光し、現像した後、ロッド中の一部のウエハを抽出し、その抽出ウエハの各ショットのうち、一部ショットの適正露光量値の変動量をモニタし、予め定めた許容値以内であれば、そのまま次のロッドを流し、前記許容値を外れた場合には、前記適正露光量設定値を変動量だけ補正し、露光量を設定し直し、以降のロッドにフィードバックするようにしたものである。。ここでは、図１に示した露光量検出パターン１００をデバイスパターンの形成されていないマスク領域に設けたマスクを用いる。先ず最初に、図１７に示すように、適正露光量設定値をＤｏ、適正フォーカス設定値Ｆｏを設定し、最初のロットにおける、レジストが形成された各ウエハ全面に同一露光条件で前記マスクのパターンを露光し、このマスクに形成されたパターンをレジスト上に転写する(ステップＳ１)。次に、ＰＥＢ（Post ExposureBake）及び現像を行い、ウエハ上にデバイスパターン及び図６に示すような露光量検出マークを形成する(ステップＳ２)。その後、ロッド中よりウエハを１枚抽出し、合わせ位置ずれ検出装置を用いて、該ウエハのｎ個の所定位置のショット、例えば、中央位置のショット及びその上下、左右の周辺位置の計６個のショットにおけるx軸方向の相対位置ずれ量を測定する（ステップＳ３）。しかる後、図８に示すような校正曲線から各ショットにおける実効的な適性露光量値の変動量εiを求める（ステップＳ４）。次に、この各ショットにおける実効的な適性露光量値の変動量εiから前記ウエハ面内の実効的な適性露光量値の平均的な変動量ε＝シグマεi／ｎを求め、ロッドにおける実効的な適性露光量値の平均的な変動量とみなす（ステップＳ５）。しかる後、このロッドにおける平均的変動量値εを、予め定められた変動量の許容値ε_0と比較する（ステップＳ６）。次に、このロッドにおける実効的な適性露光量値の変動量εが予め定められた許容値ε_0以内であれば、そのままロットを流し、許容値ε_0を外れた場合は、適正露光量設定値Ｄｏを変動量εだけ補正して露光量を設定し直し、以降のロットにおけるウエハの露光にフィードバックをかける（ステップＳ７）。

【００２４】この工程により、以降のロッドにおけるウエハは、本来の最適露光量による露光がなされる。その結果、ウエハ間のレジスト、及び、反射防止膜の膜厚むらやレジストのロット交換や露光装置のレンズ硝材のくもり、さらには、下地の反射防止膜条件の変化等の様々な要因による適正露光量値の変動を露光量検出マークの合わせ位置ずれ値によりモニターし、補正することができ、常に最大の露光マージンが得られる状態での露光が維持され、歩留まりの低下を抑えることができた。尚、本実施例においては、ロッド中の１枚のウエハを抽出し、その１枚のウエハ面内の実効的な適性露光量値の平均的な変動量を求め、その変動量をロッドにおける実効的な適性露光量値の平均的な変動量とみなしたが、１枚に限らず、複数枚のウエハを抽出し、その複数枚のウエ

ハにおけるウエハ面内の実効的な適正露光量値の平均的な変動量を求め、これをロッドにおける実効的な適性露光量値の平均的な変動量とみなしてもよい。また、本実施例においては、露光装置と独立した合わせ位置ずれ検査装置を用いて露光量検出マークを測定したが、露光装置自体に内蔵された合わせ位置ずれ検査機能を用いることも可能である。

【００２５】さらに、露光量検出マークは、上記図１の他にも合わせずれ検査装置で検出可能なマークのパターンであればよく、そのマークの一部を上記モニタパターンに変更するだけで、上記と同様の効果を得ることが可能である。検出感度を向上するために、図９及び図１０、或いは図１４にそれぞれ示すような露光量検出マークを用いても同様の効果が得られる。

【００２６】

【発明の効果】上記した本発明の露光量モニタマスクによれば、高速、且つ高精度に適正露光量値の変動をモニタすることが可能となる。また、この露光量モニタマスクを用いて、適正露光量値からの変動量を求め、その変動量を露光装置の設定露光量値に加味することによって、高精度に露光装置の露光量を調整することが可能となる。更に、半導体装置の製造方法において、予め露光量モニタマスクを用いて、露光，現像し、適正露光量値の変動量を求めたの後、それ以降の被露光基板に対する露光の際、設定露光量にその変動量を加味して、露光することにより、常に最大の露光マージンが得られる状態での露光が維持され、歩留まりの低下を抑えることができた。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の第１の実施形態に係わる露光量モニターマスクに使用した露光量検出パターンの概略構成を示す平面図。

【図２】本発明の第１の実施形態に係わる露光量モニターマスクに配置された検出パターンの概略構成を示す平面図。

【図３】図１の露光量検出パタンーンに配置された露光量検出のための強度変化パターンの概略構成を示す平面図。

【図４】本発明の第１の実施形態に係わる適正露光量の調整方法を説明するために用いるフローチャートを示す図。

【図５】図１の露光量検出パタンーンを転写したときに得られるＡ－Ａ’断面における像強度分布を示す平面図。

【図６】図１の露光量検出パタンーンを転写したときに得られるＡ－Ａ’断面におけるレジスト断面形状を示す図。

【図７】図１の露光量検出パタンーンを用いた場合に得られた校正曲線を示す図。

【図８】本発明の実施形態の露光量検出パターンに適用可能な他の強度変化パターンの概略構成を示す図。

【図９】本発明の第２の実施形態に係わる露光量モニターマスクに使用した露光量検出パターンの概略構成を示す平面図。

【図１０】図９の露光量検出パタンーンに配置された露光量検出のための強度変化パターンの概略構成を示す平面図。

【図１１】図９の露光量検出パタンーンを転写したときに得られるＡ－Ａ’断面における像強度分布を示す平面図。

【図１２】図９の露光量検出パタンーンを転写したときに得られるＡ－Ａ’断面におけるレジスト断面形状を示す図。

【図１３】図９の露光量検出パタンーンを用いた場合に得られた校正曲線を示す図。

【図１４】本発明の露光量モニターマスクに適用可能な他の露光量検出パターンの概略構成を示す平面図。

【図１５】本発明の第３の実施形態に係わる半導体装置の製造方法を説明するために用いるフローチャートを示す図。

【図１６】図７の校正曲線より求めたウエハ面内の適正露光量値の変動量分布を示す図。

【図17】本発明の第４の実施形態に係わる半導体装置の製造方法を説明するために用いるフローチャートを示す図。

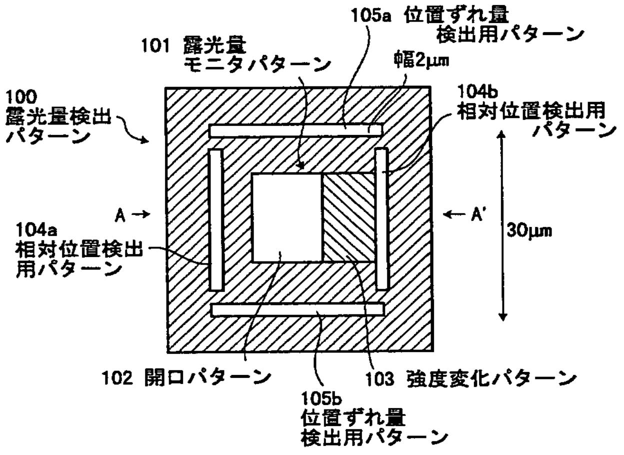
【図18】従来例として示した露光量モニタマスクに配置したモニタパターンの概略図。

【図19】図１８のパターンを転写した際に得られるＡ－Ａ’断面における像強度分布を示す図。

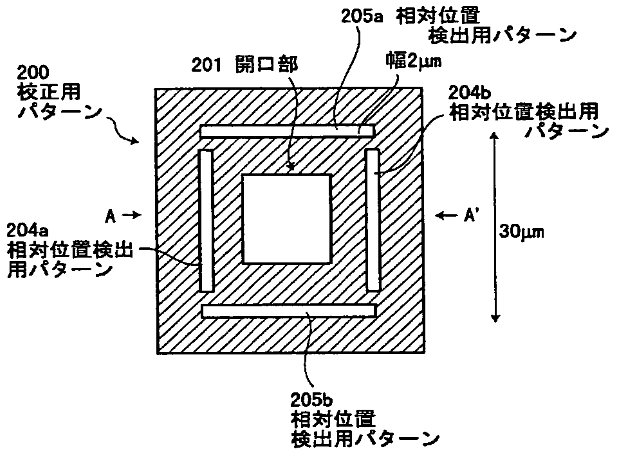
【符号の説明】

１００、８００、…露光量検出パターン
１０１、８０１…露光量モニタパターン
１０２…開口パターン
１０３、８０３…強度変化パターン
１０４、２０４、２０５、８０４，１３０４…相対位置検出用パターン
１０５…位置ずれ量検出用パターン
２００…校正用パターン
２０１…開口部
４００…エッジ光強度（適正露光量）
４０２，４０３…交点
５０１，１１０１…露光量モニタマーク
５０２、５０３、…エッジ形成位置
５０４…相対位置検出用マーク
１１０２、１１０３、１１０４…レジストパターンエッジ

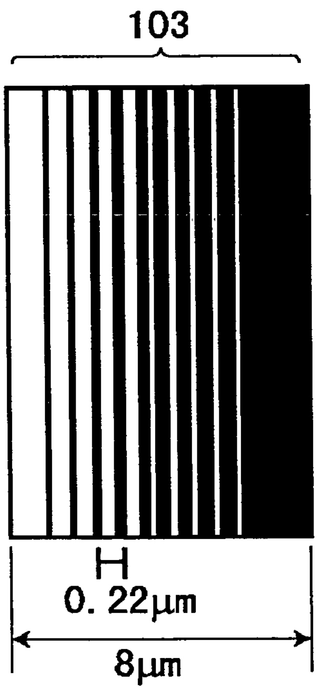
【図１】



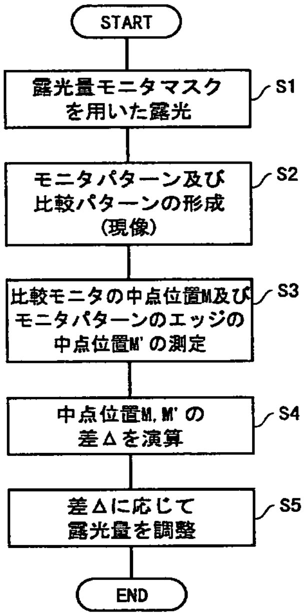
【図２】



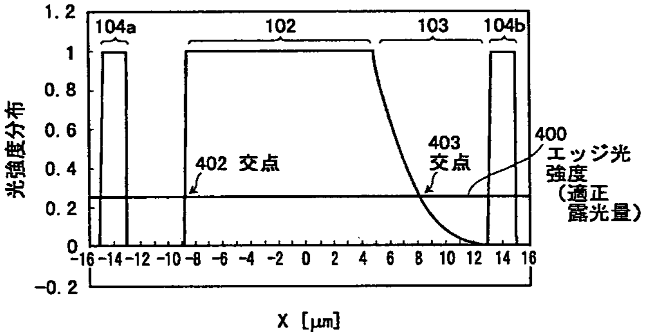
【図３】



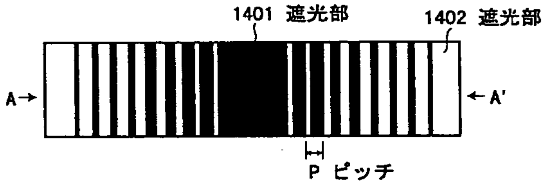
【図４】



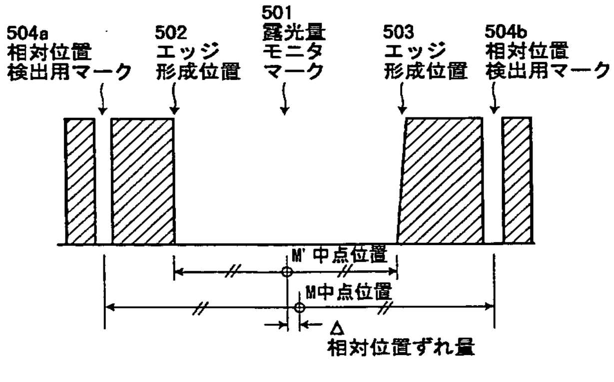
【図５】



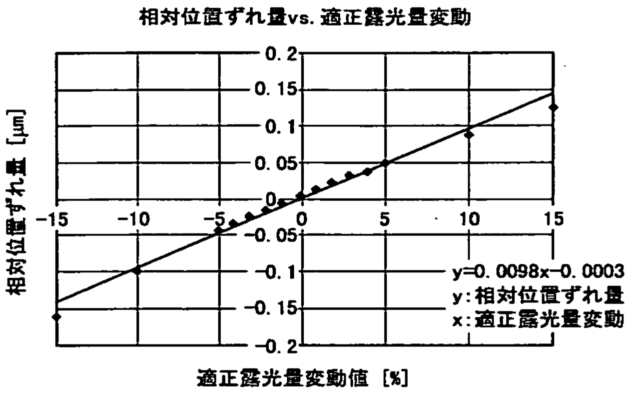
【図１８】



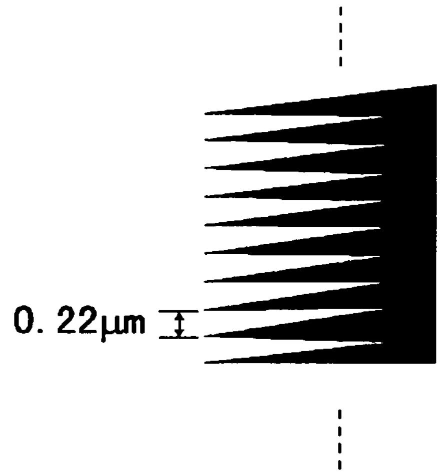
【図６】



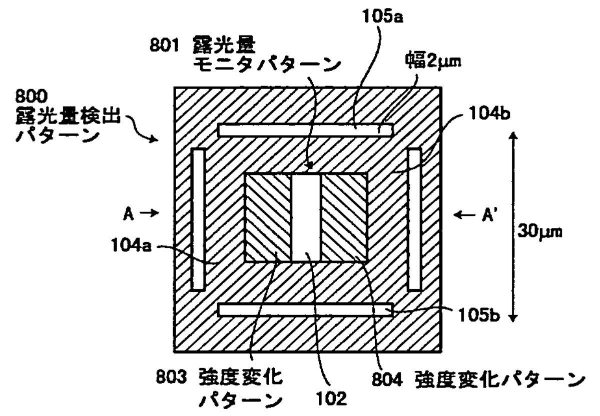
【図７】



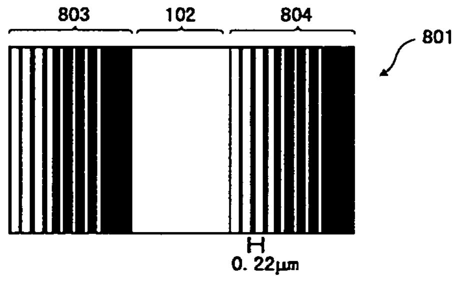
【図８】



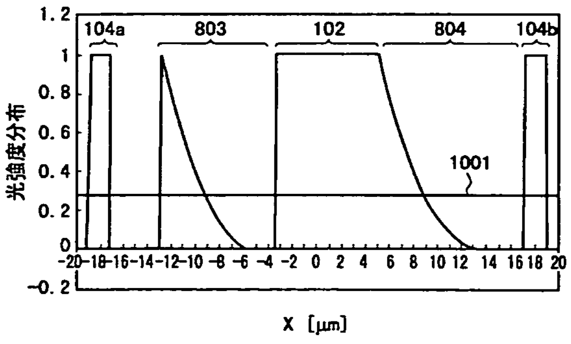
【図９】



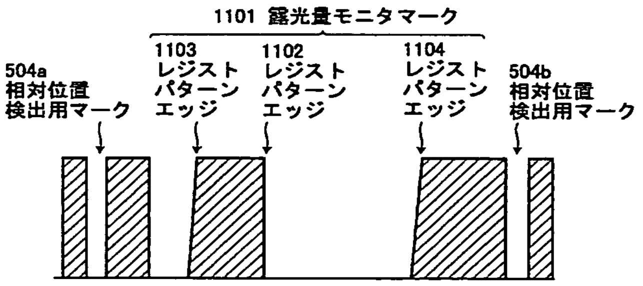
【図１０】



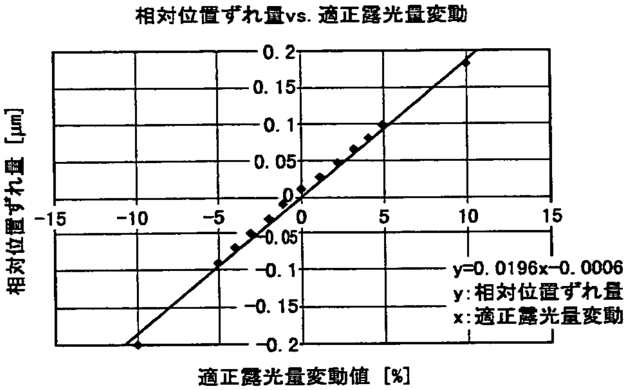
【図１１】



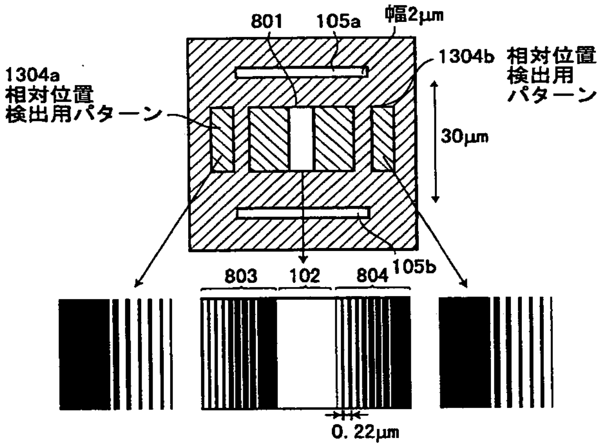
【図１２】



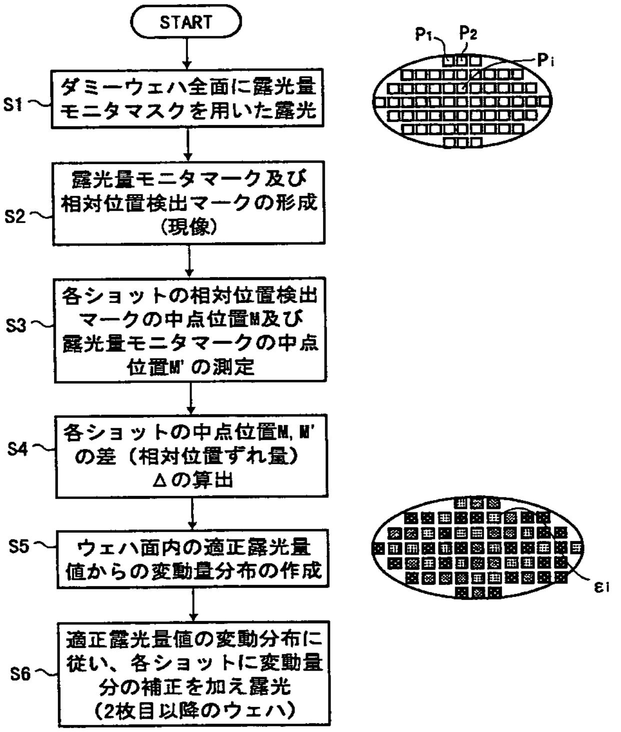
【図１３】



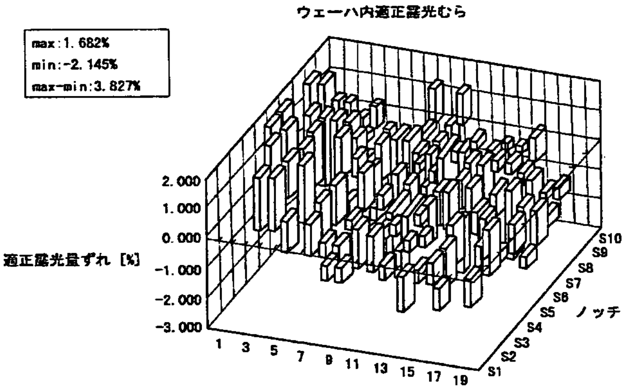
【図１４】



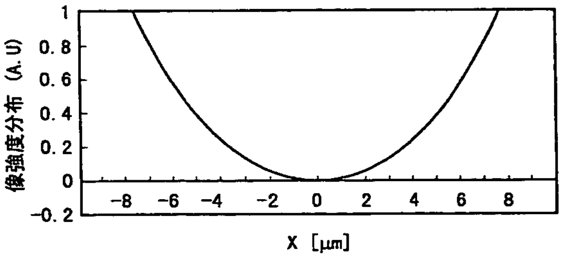
【図１５】



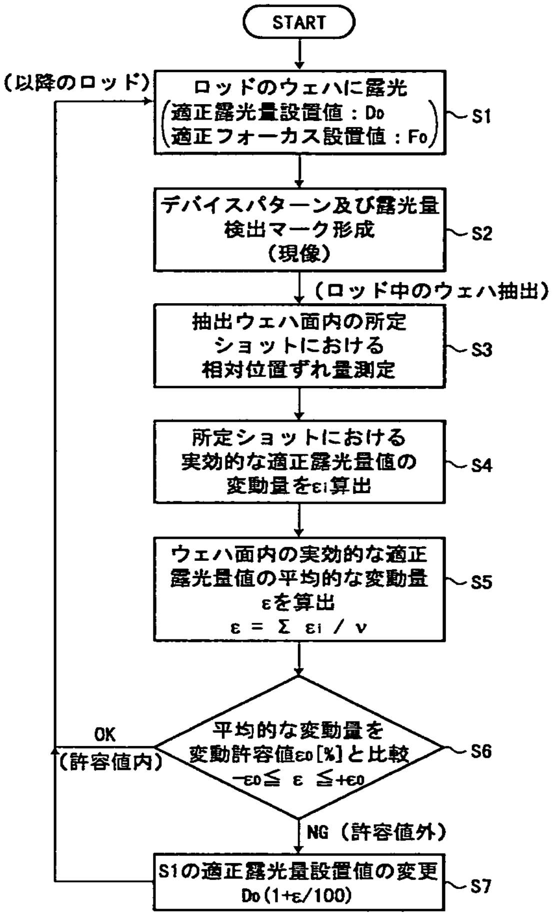
【図１６】



【図１９】



【図１７】



フロントページの続き

(72)発明者　野村　博
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番地　株式会社東芝横浜事業所内

(72)発明者　森　一朗
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番地　株式会社東芝横浜事業所内

Ｆターム(参考)　2H095 BA01 BA07 BB02 BC09 BE03 BE06
5F046 AA17 BA04 CA04 DA02 DA11 EB01 EB02 EB06

THIS PAGE BLANK (USPTO)